



TITLE:

磁性体の界面とスピン波(「表面電子系の理論」報告,基研短期研究会)

AUTHOR(S):

利根川, 孝

CITATION:

利根川, 孝. 磁性体の界面とスピン波(「表面電子系の理論」報告,基研短期研究会). 物性研究 1976, 26(3): C27-C30

ISSUE DATE:

1976-06-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/89198>

RIGHT:

- 3) P. Fulde, A. Luther, and R. E. Watson, Phys. Rev. B8, 440 (1973)
- 4) H. Takayama, K. Baker, and P. Fulde, Phys. Rev. B10, 2022 (1974)
- 5) A. J. Bennett and B. R. Cooper, Phys. Rev. B3, 1642 (1971).

磁性体の界面とスピン波

神戸大・理 利 根 川 孝

図1に示すような(100)面を界面として接している体心立方強磁性体と体心立方反強磁性体とを考える。強磁性領域及び反強磁性領域の界面に平行な面の番号を界面から順にそれぞれ $p=0, 1, 2, \dots$ 及び $p=-1, -2, -3, \dots$ ととる。この系におけるスピン波の状態を調べるのが本研究の目的である。

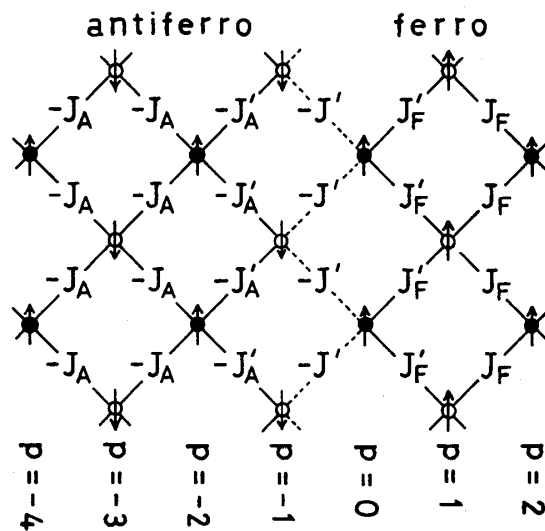


図 1

系のハミルトニアンを次のようにおく：

$$H = - \sum_{\langle i,j \rangle} J_{i,j} \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}_j - \sum_i D_i (S_i^z)^2$$

最近接スピンの交換積分： $J_{i,j}$ は図1に示したようにとり，又

$$D_i = \begin{cases} D'_F (i \in p=0), & D_F (i \in p=1, 2, \dots) \\ D'_A (i \in p=-1), & D_A (i \in p=-2, -3, \dots) \end{cases}$$

とする。更に強磁性領域及び反強磁性領域でのスピンの大きさをそれぞれ S_F , S_A とする。

二時間グリーン関数：

$$G_{p,\ell;q,m}(E) \equiv \ll S_{p,\ell}^+ ; S_{q,m}^- \gg_E$$

を導入する。ここで p, q は界面に平行な面の番号，又 ℓ, m はそれらの面内の site の番号である。 $G_{p,\ell;q,m}(E)$ のフーリエ変換：

$$G_{p,q;\mathbf{k}_\parallel}(E) = \sum_{\ell-m} G_{p,\ell;q,m}(E) \cdot \exp [i \mathbf{k}_\parallel \cdot (\mathbf{R}_\ell - \mathbf{R}_m)]$$

(但しここで \mathbf{k}_\parallel は界面に平行な二次元的波数ベクトル) が絶対零度で満たす運動方程式を，スピンの零点収縮を無視する近似で求める。得られた方程式は容易に解くことが出来， $G_{p,q;\mathbf{k}_\parallel}(E)$ は bulk の強磁性体及び反強磁性体のグリーン関数を持ちいて表わされる。波数ベクトル： \mathbf{k}_\parallel を $\mathbf{k}_\parallel = (\mathbf{k}_y, k_z)$ と表わす時， $G_{p,q;\mathbf{k}_\parallel}(E)$ は

$$r_\parallel = \cos(k_y a/2) \cos(k_z a/2)$$

なる量を通してのみ \mathbf{k}_\parallel に依存する。ここで a は格子定数である。

界面の付近に局在している界面スピン波状態のエネルギー： $E(\mathbf{k}_\parallel)$ は，得られた $G_{p,q;\mathbf{k}_\parallel}(E)$ の bulk の強磁性体及び反強磁性体のスピン波エネルギーバンドの外側に

あるpole として与えられる。

$$J'_F = J_F = J'_A = J_A \equiv J,$$

$$D'_F = D_F = D'_A = D_A = 0,$$

$$S_F = S_A = 1 \text{ の場合に,}$$

種々の J'/J の値に対して
得られた数値計算の結果を

図 2 (a), (b) に実線で示

す。これらの図で左下り及

び右下りの斜線の領域は,

それぞれ bulk の強磁性体

及び反強磁性体のスピン波

バンドの領域である。エネ

ルギー: E の符号はスピン

波の 2 種類の branch を区

別しており, スピン波の励

起エネルギーは E の絶対値

で与えられる。*) 図 2 (a)

及び (b) における $J'/J =$

0.0 に対する結果は, それ

ぞれ体心立方強磁性体及び

体心立方反強磁性体の

(100) 表面に局在した表面

スピン波のエネルギー分散

曲線を与えている。

*) くわしくは

T. Tonegawa and J. Kanamori:

Phys. Letters 21 (1966) 130

を参照。

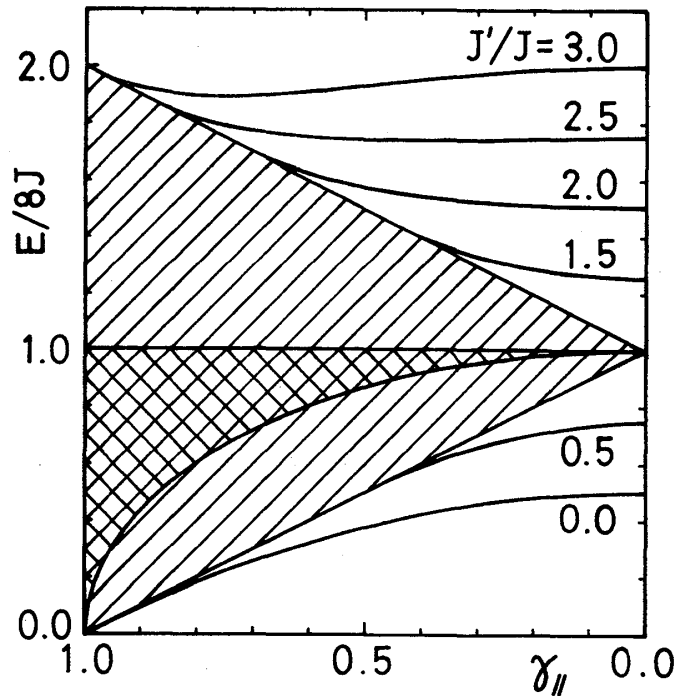


図 2 (a)

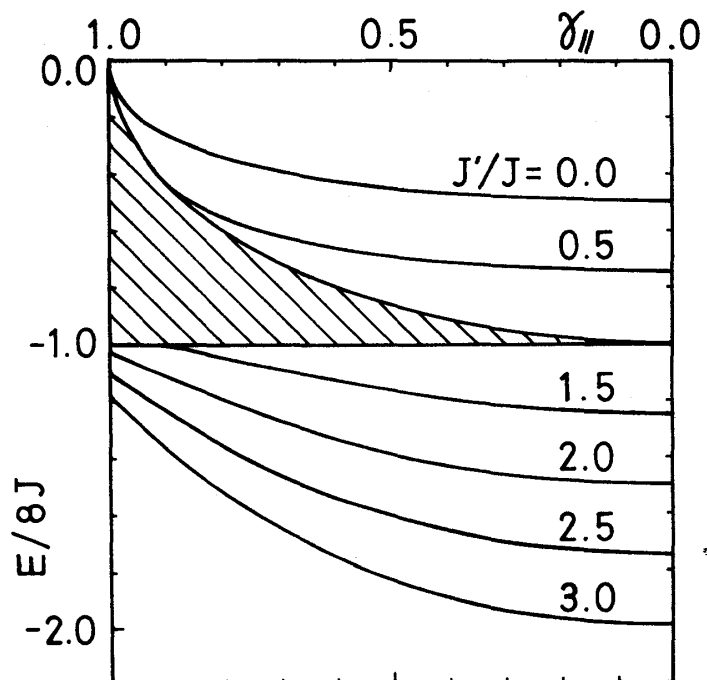


図 2 (b)

p 番目の面におけるスピン波の局所状態密度は, $N_{//}$ を界面に平行な面内の site の数として,

$$\rho_p(E) = -\frac{\text{sgn}(E)}{N_{//}\pi} \sum_{\mathbf{k}_{//}} \text{Im} [G_{p,p;\mathbf{k}_{//}}(E+i0)]$$

で与えられ, 更にスピン波近似のもとでの p 番目の面におけるスピンの零点収縮は

$$(\Delta S)_p = \begin{cases} \int_{-\infty}^0 \rho_p(E) dE \\ (p=0, 1, 2, \dots; p=-2, -4, \dots) \\ \int_0^{\infty} \rho_p(E) dE \\ (p=-1, -3, \dots) \end{cases}$$

と表わされる。これらの量についてのくわしい数値計算も今後行なっていく予定である。

中性分子と固体表面との交換相互作用

北大触媒研究所 中 村 孝

固体表面の電子状態と関連して論じられなければならないもろもろの問題のひとつに物理吸着力の問題がある。物理吸着力による吸着ポテンシャルを, 固体表面と吸着分子間の距離 z の関数として表わすと, およそ図1のようになる。 z の大きい部分では, 静電的引力あるいは反発力, 静電的分極による引力, および London 分散力(引力)のような, 固体表面と分子間の電子雲の重なりを必要としない long range な相互作用¹⁾のみが働くが, $z = z_m$ のポテンシャル極小の付近では, 交換相互作用(反発力), またときには charge transfer 力(引力)のような short range な相互作用も加わってくる。なお, 図1のポテンシャル極小の深さ, つまり吸着エネルギーは, 通常100分の1 eV 程度で, 化学吸着力のそれに比べると格段に小さい。